

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.01 Методы прогнозирования продуктивности сельскохозяйственных  
животных**

**Направление подготовки (специальность) 36.04.02 зоотехния**

**Профиль образовательной программы Разведение, селекция, генетика и  
воспроизводство сельскохозяйственных животных**

**Форма обучения магистр**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций .....</b>	<b>3</b>
1.1 Лекция № Л 1 Наследуемость хозяйственно-полезных признаков.	
1.2 Лекция № Л 2 Генетические основы селекции.	
1.3 Лекция № Л 3 Селекционно-генетическая характеристика стад с.-х. животных.	
<b>2. Методические указания по выполнению лабораторных работ .....</b>	<b>18</b>
2.1 Лабораторная работа № ЛР 1 Теоретические основы отбора.	
2.2 Лабораторная работа № ЛР 2 Оценка производителей по качеству потомства.	
2.3 Лабораторная работа № ЛР 3 Эффект отбора.	
2.4 Лабораторная работа № ЛР 4 Нейронные сети, алгоритмы работы.....	20

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## Лекция № 1 (2 часа)

Тема: Наследуемость хозяйственно-полезных признаков.

### 1. Вопросы лекции:

- 1.1. Методы расчета коэффициента наследуемости
- 1.2. Наследуемость основных продуктивных качеств
- 1.3. Методы расчета коэффициента наследуемости

### 3. Краткое содержание вопросов

#### 3.1. Методы расчета коэффициента наследуемости

**Коэффициент наследуемости** ( $h^2$ ) - это величина, которая показывает, в какой степени общая изменчивость признака в популяции обусловлена его генетическим разнообразием. Коэффициент наследуемости признаков выражается обычно в долях единицы от 0 до 1 или в процентах. Чем выше коэффициент наследуемости, тем в большей степени значение признака обусловлено наследственностью.

Наследуемость животными различных хозяйственно полезных признаков изучалась по методу Райта многими исследователями. Установлено, что различные хозяйственно полезные признаки у крупного рогатого скота имеют различные коэффициенты наследуемости: удой - 30-33%, содержание жира в молоке - 60-70%, содержание белка - 70%, убойный выход - 71%, привес за год у мясного скота - 40%.

Коэффициенты наследуемости не являются постоянными для данного признака и меняются при изменении генетической структуры популяции и условий среды. Чем больше среда тормозит развитие признака, тем ниже коэффициент наследуемости. Так, в одном и том же стаде симментальской породы для одних и тех же коров-матерей и дочерей при уровне молочной продуктивности около 2550-2710 кг за 300 дней лактации коэффициент наследуемости удоя был 22%, а при уровне продуктивности 4810-5230 кг - 96,8%.

Если матери и дочери находятся в разных условиях, то коэффициент наследуемости у них часто ниже, чем он был бы в одних и тех же условиях, особенно хороших. Зависит он и от возраста сравниваемых коров-матерей и дочерей. Содержание жира в молоке наследуется более устойчиво и меньше зависит от влияния кормления и содержания коров. Наиболее высокие коэффициенты наследуемости отмечены в случаях, когда оценка содержания жира в молоке матерей и дочерей проводится по наивысшей по содержанию жира лактации. Результативность отбора определяется величиной коэффициента наследуемости: чем он выше, тем больше разница в продуктивности дочерей от лучших и худших матерей.

#### 3.2. Наследуемость основных продуктивных качеств

Сельскохозяйственных животных разводят главным образом для получения продуктов питания и сырья для перерабатывающей промышленности. Следовательно, продуктивность – это основное хозяйственно полезное свойство животного. Вся зоотехническая работа сводится к получению от животных возможно большего количества относительно дешевой продукции высокого качества. Продуктивность животных имеет высокую степень изменчивость. Знание причин и

закономерностей позволяет управлять этим процессом, добиваться от животных систематического повышения продуктивности. Характерная и качественная сторона продуктивности находятся в зависимости от действия двух факторов:

1) Генетических особенностей животного (порода, внутривидовой тип, линия, семейство, индивидуальные наследственные особенности)

2) Паратипических воздействий (условий выращивания, кормления, содержания и эксплуатации животного)

Так как тема данной курсовой работы связана в основном с генетическими факторами, влияющими на продуктивность сельскохозяйственных животных, то подробнее рассмотрим именно эти факторы.

Основными хозяйственно-полезными признаками являются: молоко, мясо, яйца, шерсть, смушки, пушнина.

Наследственность и молочная продуктивность.

Молоко – биологический продукт секреции молочной железы сложного химического состава, включающий более 200 компонентов, из которых полноценных аминокислот – 20, жирных кислот – 147, сахаров – 4, макро- и микроэлементов – 30, витаминов – 23, глицеридов, фосфатидов, ферментов, пигментов и др. – 20. Молочную продуктивность коров оценивают по количеству и качеству молока. Основные показатели: удой (кг), содержание жира и белка в молоке (%), количество молочного жира и белка (кг).

Молочная продуктивность — признак комплексный, и для ее оценки используют ряд показателей: удой за 305 дней лактации, высший суточный удой, равномерность лактации, скорость молокоотдачи, полнота выдаивания, содержание жира, белка, сухого обезжиренного остатка.

Обычно данные молочной продуктивности пересчитывают на 305-дневную полновозрастную лактацию при двукратном доении. Многие породы молочного скота различаются по удою молока и проценту жира в нем, вследствие чего удой иногда выражают в единицах пересчета на 4%-ное молоко (иногда на 3,4%-ное или 3,6%-ное).

Возраст коров оказывает значительное влияние на молочную продуктивность. Очень молодые и очень старые коровы дают меньше молока, чем полновозрастные (3-5 лактации). Поэтому для оценки пожизненной продуктивности вводится такой признак, как продуктивное долголетие, которое определяет до 70% прибыли в молочном скотоводстве. К сожалению, средняя величина возраста современных стад в отелах не превышает 3-3,5 лактации. Поэтому отбору по данному признаку уделяется сейчас первостепенное внимание.

Зная закономерности, определяющие характер и величину связи между признаками молочной продуктивности, можно управлять ими с помощью отбора и подбора родительских пар, добиваясь в нужных случаях существенной перестройки имеющихся корреляций.

Существует тесная положительная генетическая корреляция между удоем и продукцией молочного жира (+0,6+0,9), а вот между удоем и процентом жира в молоке — связь отрицательная (-0,25-0,58). Это дает основание предполагать, что большая часть генов, контролирующая высокий удой, приводит к снижению содержания жира в молоке. Отбор животных по содержанию жира увеличивает процентное содержание белка в молоке, но одновременно уменьшает положительную зависимость между жиром и белком и увеличивает обратную зависимость между удоем и жиром. Наличие

положительных связей позволяет сократить число признаков, по которым ведется селекция. При отрицательной взаимосвязи признаков отбор необходимо вести по каждому

из них. Улучшая стадо по одному признаку, можно ухудшить его по другому, с ним сопряженному.

### **Породные и индивидуальные наследственные особенности коров молочной продуктивности.**

Создавая породы животных и работая над их совершенствованием, человек специализировал каждую из них, развивал те или иные признаки продуктивности. В связи с этим породы крупного рогатого скота молочного направления продуктивности имеют более перспективные способности к высоким удоям, чем мясные породы. Это выражено тем ярче, чем продолжительнее и квалифицированнее была работа по совершенствованию породы. Среди пород молочного направления продуктивности наиболее высокими удоями характеризуются голштинская и черно-пестрая породы.

Наследуется молочность, как и большинство мерных (количественных) признаков, по принципу промежуточной наследственности: при скрещивании животных, относящихся к породам различного уровня продуктивности, помесные особи первого поколения по показателям продуктивности занимают среднее положение. Иногда величина их продуктивности несколько уклоняется к показателям той или иной породы в зависимости от наследственной устойчивости животных скрещиваемых пород, а также от условий среды, в которой развивались и продуцировали помесные потомки. При дальнейшем разведении помесей «в себе» животные второго поколения наследуют примерно те же средние показатели продуктивности, но с гораздо большей вследствие расщепления изменчивостью. Подобным же образом наследуются содержание в молоке жира и других составных его частей, а также вес животных (табл.1 и 2)

Длительная селекция по одному признаку, не сопряженному с другими, иногда приводит к созданию больших групп скота. Например, голштинская порода является самой обильномолочной в мире вследствие длительного отбора по удою, а джерсейская — самая жирномолочная. С другой стороны — первая имеет низкое содержание жира, а вторая — маленькие удои.

Породы представляют собой крупные группы животных, созданные человеком в процессе направленной селекции. Совершенствование их ведется на основе целенаправленного отбора и подбора. Именно генетическая перестройка животных позволила человеку превратить дикого тура в современные многочисленные породы, удовлетворяющие различные потребности человека. Породы относятся к одной из четырех генеалогически связанных групп - черно-пестрой, палево-пестрой, красной и бурой (по масти большинства представителей).

Мировой опыт развития животноводства свидетельствует о необходимости сохранения генофонда многих аборигенных пород скота (серый украинский, якутский, калмыцкий, холмогорский и др.), а также полудиких видов (зебу, яков, зубров, бизонов, бантенгов). Однако не только исчезающие породы требуют заботы об их сохранении. Излишнее увлечение неплановыми скрещиваниями доводит до уровня исчезающих такие породы, как ярославская, красная степная. До недавнего времени улучшение пород шло, в основном, чистопородным разведением, путем углубленной работы с линиями и семействами с применением родственных спариваний. Молочный скот имеет несколько рецессивных генов, действие которых проявляется при инбридинге. Большинство их в гетерозиготном состоянии не дает дефекты и действие этих генов можно выявить только оценкой животного по потомству.

Учитывая большую зависимость молочной продуктивности от наследственных особенностей животных, следует систематически совершенствовать эти особенности, разводить породный скот, отбирать молодняк на племя от лучших по продуктивности и племенных качеств родителей, осуществлять эффективные методы и приемы селекции.

### 3.3. Методы расчета коэффициента наследуемости

Наиболее простым методом определения коэффициента наследуемости признака является метод, предложенный Райтом и основанный на изучении связи (корреляции) между величиной признака у близкородственных животных (матерей и дочерей, или сестер, или полусестер). Он определяется путем вычисления коэффициента корреляции (см. главу XIV Математическая обработка материалов) между величинами изучаемого признака у таких групп животных. Полученную величину подставляют в формулы, выведенные Райтом. На рис. 17 показана схема связи между фенотипами матерей и дочерей. В этой схеме  $r_{м/д}$  обозначает долю влияния генотипической изменчивости матерей или дочерей на их фенотипическую изменчивость, а величина 0,5 показывает долю влияния генотипов матерей на генотипы дочерей, так как матери передают дочерям половину наследственного материала. Перемножив эти величины, получим теоретическую величину корреляции между фенотипами матерей и дочерей:

$$r_{м/д} = 0,5 h^2$$

где  $r_{м/д}$  -коэффициент корреляции между фенотипами матерей и дочерей.

Из этой формулы вытекает, что  $h^2 = r_{м/д}$ .

Величина  $h^2$  и является коэффициентом наследуемости признака. Практическое значение этой величины в том, что можно определить эффективность отбора, т. е. предсказать продуктивность дочерей ( $M_d$ ), полученных от матерей определенного качества. Для этого определяют разницу между средней продуктивностью отобранной группы матерей  $M_c$  и средней продуктивностью стада, называемую селекционным дифференциалом и обозначаемую буквой  $i$ , умножают ее на  $0,5 h^2$  и прибавляют к средней продуктивности стада:

$$M_d = M_c + 0,5 h^2 \cdot i$$

Если, например, среднее содержание жира в молоке коров стада ( $M_c$ ) 3,7%, коэффициент наследуемости  $h^2=0,7$ , содержание жира в молоке коров, отобранных для воспроизводства, равно 3,9%, селекционный дифференциал  $i$  равен 0,2% (3,9-3,7%), то среднее содержание жира в молоке дочерей ожидается получить 3,77% (3,7% +0,2%.0,7-0,5).

## **Лекция № 2 (2 часа)**

Тема: Генетические основы селекции

### **1. Вопросы лекции:**

- 1.1. Основные направления в селекции молочного скота на современном этапе
- 1.2. Основные и дополнительные селекционные признаки
- 3.3. Наследуемость и взаимосвязь хозяйственно-полезных признаков

### **3. Краткое содержание вопросов**

#### **3.1. Основные направления в селекции молочного скота на современном этапе**

Увеличение удоев коров за определенный промежуток времени может быть результатом воздействия двух интегрированных факторов: применения более совершенных методов племенной работы и улучшения условий кормления, содержания и использования животных. Установить раздельно степень их влияния на изменение молочной продуктивности стада довольно трудно, но очень важно для селекции.

Эффективность племенной работы принято оценивать по величине достигнутого генетического прогресса, то есть сдвига средней продуктивности коров, который происходит под влиянием селекционных мероприятий за год или несколько лет. Чаще всего это бывает фенотипический (общий) сдвиг, поскольку одновременно улучшаются и племенная работа, и условия использования животных. В то же время нередки случаи, когда генетический сдвиг в продуктивности стада выше фенотипического, что объясняется заметным ухудшением условий выращивания, кормления и содержания скота. В практической работе не исключена возможность отрицательных величин генетических изменений. Они могут возникнуть при неудовлетворительной организации племенной работы со стадом (породой), использовании недостаточно точных методов оценки животных, низкой интенсивности отбора их родителей и т. д.

Например, в США фенотипическое увеличение удоев подконтрольных коров в один год составляло 108-177 килограммов в год, а среднегодовой генетический сдвиг по удою был равен минус 4-18 килограммов молока. В конце семидесятых годов картина изменилась. Под влиянием условий среды продуктивность 300 тысяч коров ежегодно увеличивалась на 14-90 килограммов, а за счет улучшения племенной работы - на 42-67 килограммов молока.

Методы определения генетического сдвига сводятся к сравнению продуктивности различных групп животных, связанных между собою родством или общностью внешних условий, при которых они продуцировали. Для молочного скотоводства наиболее приемлемо первое. При этом сравнивают показатели продуктивности дочерей одних и тех же быков за 2-3 смежных года.

#### **Использование генетических параметров в селекции**

Селекционно-генетические параметры, которые необходимо учитывать при отборе, следующие: коэффициенты изменчивости, корреляции, наследуемости и повторяемости. При небольшой изменчивости признака селекционер не всегда может найти и стаде особей, отвечающих определенным требованиям, или выявить необходимое их количество. Излишне большая изменчивость также нежелательна, так как в последующем поколении она приводит к большой величине регрессии, то есть возврату потомства к средним показателям популяции. Основным показателем изменчивости признака служат стандартное отклонение ( $Sx$ ) и коэффициент изменчивости ( $Cv$ ).

Проводя отбор, специалист должен учитывать направление, степень и тип связи между признаками. При повышении массовой доли жира в молоке коров идет повышение массовой доли белка: между этими признаками существует положительная корреляция, а между шириной туши у свиней и толщиной шпика связь отрицательная (-0,7).

Все фенотипические различия, наблюдаемые у животных, складываются в результате разнообразия их генотипов и разнообразия тех условий, в которых они живут. Долю генотипической изменчивости в общей фенотипической изменчивости напевают коэффициентом наследуемости ( $h^2$ ). Если величина  $h^2$  приближается к 1, значит, признак в большей степени зависит от генотипа; если же она далека от 1, то признак в большей степени зависит от условий внешней среды. С увеличением однородности условий среды, а в ряде случаев и с улучшением этих условий, особенно кормления, возрастает значение индивидуальных различий животных, обусловленных наследственностью, возрастает и коэффициент наследуемости. Например, коэффициент наследуемости удою за лактацию у коров равен 0,3, массовой доли жира в молоке — 0,6.

Влияние инбридинга и аутбридинга на признаки продуктивности

Родственное спаривание, или инбридинг (от англ. inbreeding, что означает: in — внутри, breed—разводить), то есть разведение внутри родственных особей — это спаривание животных, имеющих сходную наследственность, то есть сходное происхождение от одного или нескольких общих предков, и находящихся вследствие этого в той или иной степени кровного родства между собой. В результате такого спаривания получается инбредное потомство' (от англ. inbred — рожденный от родителей, состоящих в родстве между собой). • Инбридинг как прием селекции применяется лишь в особых, исключительных случаях для решения конкретных задач племенного дела, связанных главным образом с созданием новых и совершенствованием существующих пород, а также с внутрилинейным чистопородным разведением, применяемым при закладке и совершенствовании заводских линий. В последнее время его использование связано также с созданием специализированных (инбредных) сочетаний линий, применяемых при межлинейной гибридизации, главным образом в птицеводстве; в молочном скотоводстве он используется при воспроизводстве быков-производителей.

Особенности наследования признаков молочной продуктивности

Многочисленные исследования, проведенные в разных странах и на разных породах скота показали, что молочность, содержание жира и белка в молоке — это наследственные признаки. Это подтверждается различной продуктивностью у коров разных пород, значительными внутрипородными различиями между коровами и дочерьми разных быков, разных линий, семейств, а также между животными одной и той же породы, находящимися в одних и тех же условиях кормления и содержания. Наследование признаков молочной продуктивности в основном промежуточно.

Для относительного учета влияния наследственности (генетических факторов) и условий среды на общее фенотипическое разнообразие признаков вычисляют коэффициент наследуемости ( $h^2$ ). Количественное выражение этого коэффициента показывает долю наследственности во влиянии всех факторов, создающих фенотипические различия по любым признакам в пределах определенной группы животных, находящихся в известных родственных отношениях. Иначе говоря, коэффициент наследуемости показывает ту часть фенотипической изменчивости какого-либо признака, которая обусловлена не влиянием внешней среды, а наследственностью. В настоящее время имеется большой материал по изучению наследуемости молочности, содержания жира, белка в молоке и другим признакам.

Высокие показатели коэффициента наследуемости оказались по содержанию жира и белка в молоке, а сравнительно низкие — по лактационной кривой и удою. Большой коэффициент наследуемости указывает, с одной стороны, на сильную устойчивость признака к внешним воздействиям, а с другой — на значительное разнообразие генетической информации. Средний коэффициент наследуемости по содержанию жира и белка в молоке составляет 0,5-0,75; по удою — 0,3-0,45. Данный коэффициент используют для прогнозирования эффективности отбора, что позволяет оптимизировать планы племенной работы.

Коэффициент изменчивости удоев коров разных пород колеблется от 20 до 31%, содержания жира и белка 3,0-10,5%.

## 1.2. Основные и дополнительные селекционные признаки

Для племенного разведения и создания комолого типа или линии необходимо использовать гомозиготных по комолости животных.

При организации племенной работы в мясном скотоводстве необходимо по возможности учитывать известные коррелятивные связи, которые имеются между отдельными показателями мясной продуктивности. По данным Коха и Кларка, коэффициент корреляции у герефордского скота между массой при рождении и приростом при отбивке равен 0,46, а между массой при рождении и живой массой взрослых животных - только 0,17. Существует между отдельными показателями мясной продуктивности и качества мяса молодняка в целом и отдельно с учетом пола дают возможность учитывать характер ожидаемых изменений качественных особенностей молодняка крупного рогатого скота. Эти закономерности, как и биотехнологические показатели отдельных пород, следует учитывать при организации племенной работы и разработке дифференцированных научно обоснованных интенсивных технологий производства мяса, обеспечивающих максимальное использование потенциальных возможностей скота.

По данным американских исследователей, коэффициент корреляции между массой животного и массой ценных частей туши равен +0,8; между среднесуточным приростом и расходом кормов на единицу привеса — 0,9; между массой животного и расходом кормов на прирост — 0,71. Это указывает на то, что отбор по величине массы и высокому приросту будет сопровождаться выходом ценных частей туши и более эффективным использованием кормов при выращивании и откорме молодняка.

В последние годы в селекции мясного скота большое внимание стали уделять оценке легкости и трудности отелов. Это вызвано тем, что при легких отелах снижаются потери телят в первые дни их жизни и повышается экономическая эффективность разведения мясного скота, так как основной продукцией мясной коровы является теленок. Проблема отелов возникла в связи с широким использованием в мясном скотоводстве при скрещивании крупных пород (шароле, мен-анжу, кианской, симментальской, лимузинской), приплод которых имеет высокую массу при рождении.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что трудные отелы встречаются среди всех пород, однако степень их выраженности значительно колеблется. Такие породы, как абердин-ангусская, герефордская и лимузинская, отличаются благополучными отелами, в то же время шаролезская и симментальская породы отличаются трудными отелами с гибелью телят. Следует отметить, что среди крупных мясных пород кианская характеризуется сравнительно небольшим количеством трудных отелов, несмотря на большую массу телят при рождении. Что касается животных лимузинской породы, то и среди них встречаются трудные отелы, но их значительно меньше, чем у шароле, мен-анжу и симменталов.

Наиболее остро стоит проблема трудных отелов и потерь телят у первотелок; потери телят у первотелок могут составлять от 3 до 15 %, по второму отелу и выше — от 2 до 7,6 %.

Для снижения трудных отелов у шаролезской породы во Франции разработана схема селекции, которая предусматривает отбор коров с высокой воспроизводительной способностью и без осложнений при отелах; отбор быков по воспроизводительной способности, мясной продуктивности и качеству потомства; подбор животных для чистопородного разведения и скрещивания.

В нашей стране регулярно проводится оценка хода отелов у коров в ведущих племенных стадах шаролезской породы и полученные данные используются для оценки

производителей по качеству потомства. Включение этого показателя в систему племенной работы позволило выявить ценных быков, широко их использовать и тем самым снизить процент трудных отелов.

Ход отелов оценивают по 4-балльной шкале: 1 балл - отелы легкие, без посторонней помощи и без осложнений у матери или теленка; 2 балла - при отеле оказана помощь, осложнений не было; 3 балла - отелы очень трудные, оказана ветеринарная помощь, были осложнения или у матери, или у теленка, или у обоих; 4 балла — отелы очень трудные, оказана ветеринарная помощь, в результате трудных отелов был падеж или матери, или теленка, или обоих.

Основные факторы, влияющие на ход отелов: происхождение по отцу, масса теленка при рождении, сезон отелов, система содержания и размеры тазового прохода у матери.

### 3.3. Наследуемость и взаимосвязь хозяйственно-полезных признаков

Для относительного учета влияния наследственности (генетических факторов) и условий среды на общее фенотипическое разнообразие признаков вычисляют коэффициент наследуемости ( $h^2$ ). Количественное выражение этого коэффициента показывает долю наследственности во влиянии всех факторов, создающих фенотипические различия по любым признакам в пределах определенной группы животных, находящихся в известных родственных отношениях. Иначе говоря, коэффициент наследуемости показывает ту часть фенотипической изменчивости какого-либо признака, которая обусловлена не влиянием внешней среды, а наследственностью. В настоящее время имеется большой материал по изучению наследуемости молочности, содержания жира, белка в молоке и другим признакам.

Высокие показатели коэффициента наследуемости оказались по содержанию жира и белка в молоке, а сравнительно низкие — по лактационной кривой и удою. Большой коэффициент наследуемости указывает, с одной стороны, на сильную устойчивость признака к внешним воздействиям, а с другой — на значительное разнообразие генетической информации. Средний коэффициент наследуемости по содержанию жира и белка в молоке составляет 0,5-0,75; по удою — 0,3-0,45. Данный коэффициент используют для прогнозирования эффективности отбора, что позволяет оптимизировать планы племенной работы.

Коэффициент изменчивости удоев коров разных пород колеблется от 20 до 31%, содержания жира и белка 3,0-10,5%.

### Лекция № 3 (2 часа)

Тема: Селекционно-генетическая характеристика стад с.-х. животных.

#### 1. Вопросы лекции:

- 1.1. Отбор и виды отбора
- 1.2. Методы отбора
- 1.3. Генетические основы отбора
- 1.4. Эффект селекции

#### 3. Краткое содержание вопросов

##### 3.1. Отбор и виды отбора

В 1859 году Чарльз Дарвин опубликовал книгу «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение избранных пород в борьбе за жизнь». В ней, в частности, был предложен новый взгляд на причины эволюционного развития организмов. Дарвин указал на три основных фактора эволюции: **наследственность** (способность организмов передавать врождённые признаки от поколения к поколению), **изменчивость** (появление различных фенотипов внутри популяции) и **отбор** (подавление генотипов организмов, фенотипы которых менее других приспособлены к внешним условиям). О наследственности и изменчивости было рассказано в предыдущих параграфах; перейдём теперь к отбору.

Отбор в популяции происходит благодаря тому, что организмы, лучше приспособленные к внешним условиям, выживают и размножаются, а хуже приспособленные чаще гибнут и/или оставляют меньше потомства. Роль отбирающего фактора играет окружающая среда. Отбор увеличивает приспособленность популяции к условиям внешней среды.

При увеличении численности популяции внешние условия (например, пища) становятся сдерживающим фактором, что приводит к конкуренции в популяции (к **борьбе за существование**). Особи, имеющие благодаря своему фенотипу преимущество в этой конкуренции, оставляют потомство и выживают.

С точки зрения генов отбор – это процесс, определяющий, какие аллели будут переданы потомкам, обеспечив им преимущество в конкурентной борьбе. Изменения частот аллелей могут вести к эволюционным изменениям, основной причиной которых является появление мутантных аллелей. Особенно быстро рецессивный мутантный аллель может распространиться в популяции, будучи сцепленным с каким-либо доминантным аллелем, имеющим важное значение для жизнедеятельности организма. Мутантные аллели, связанные с небольшими изменениями в фенотипе, могут накапливаться и производить эволюционные изменения.

Важной характеристикой отбора является его **давление**. Давление отбора зависит от внешних факторов среды (это выражается в форме борьбы с неблагоприятными условиями), **межвидовой конкуренции** (в частности, от наличия хищников и паразитов), а также **внутривидовой конкуренции** (прежде всего определяемой численностью популяции). Интенсивность отбора показывает скорость эволюционных изменений в популяции. Возрастание давления отбора (например, в результате сужения диапазона условий среды) является консервативным фактором, помогающим популяции лучше приспособиться к внешним условиям. Становящаяся в результате этого более узкой **специализация** вида в определённых обстоятельствах может привести к вымиранию популяции при изменении этих условий. Наоборот, ослабление интенсивности отбора, наступающее, обычно, при уменьшении внешних ограничивающих факторов (например, уменьшается количество хищников, вид проникает в новую для него среду) способствует увеличению видового разнообразия.

Отбор делится на три основных типа.

- **Стабилизирующий отбор.** Происходит при отсутствии внешних изменений и относительно слабой конкуренции. Подавляет генотипы особей с крайними отклонениями признаков (например, слишком больших или слишком маленьких). Поддерживает стабильность популяции и не способствует эволюции.

- **Направленный отбор.** Происходит в ответ на изменения условий обитания. Сдвигает фенотип в ту или другую сторону; при достижении нового состояния равновесия прекращается. Приводит к эволюционным изменениям.

- **Дизруптивный отбор.** Начинает действовать при наличии в популяции не одного, а двух и более благоприятных фенотипов. Разделяет популяцию на две группы; при прекращении потока генов между группами популяция может разделиться на два вида, которые будут конкурировать между собой уже менее сильно.

Направленный отбор лежит в основе **искусственного отбора**, широко используемого человеком при разведении животных и растений. При искусственном отборе человек создаёт направленное давление отбора, приводящее к усилению в популяции какого-либо ценного признака (надой молока, размер плодов и т. п.). Изоляция популяций, в которых производится искусственный отбор, приводит к созданию новых пород и сортов, генотипы которых не смешиваются. При **инбридинге** избирательно скрещивают между собой особи из одной породы. Длительный инбридинг может привести к снижению плодовитости; поэтому его иногда чередуют с **аутбридингом**, когда между собой скрещивают генетически далёких особей одного вида из разных пород или сортов. В растениеводстве нередко скрещивают между собой даже особей разных видов; возникающие в результате этого **гибриды** могут превосходить по многим ценным признакам родительские особи. Наука, изучающая методы выведения новых сортов растений и пород животных, называется **селекцией**.

**Естественный отбор** происходит в природе без вмешательства человека. Дарвин постулировал естественный отбор, анализируя результаты искусственного отбора. Дело в том, что естественный отбор происходит очень медленно по сравнению с жизнью человека. Естественный отбор зависит от скорости размножения особей. Бурное развитие химической промышленности и появление пестицидов и антибиотиков привело к существенному подавлению генотипов тех организмов, фенотипы которых были неустойчивы к этим веществам (например, болезнетворных бактерий или вредных насекомых). Особи, у которых появился мутантный аллель, обеспечивающий устойчивость по отношению к яду, выживали, а их генотип при отсутствии конкуренции стремительно распространился по всей популяции. В ответ учёные создают новые формы активных веществ, и процесс продолжается по кругу.

### 3.2. Методы отбора

Отбор второй основной метод в селекции; под ним понимают выборочное сохранение и размножение особей с ценными для человека свойствами. Поскольку он осуществляется человеком, очевидно, что это искусственный отбор. Само по себе, создание генетически гетерогенных популяций растений и животных, даёт небольшой эффект для сельского хозяйства. Лишь отбор - селективное, преимущественное использование и размножение ценных для человека организмов позволяет создавать новые высокопродуктивные сорта и породы. В системе отбора различают индивидуальный и массовый отбор. Массовый отбор - отбор организмов по фенотипу (внешним признакам) без проверки генотипа. Важнейшим критерием является проявление признака в данном поколении. Преимуществом данного вида отбора являются его быстрота и массовость.

Индивидуальный отбор осуществляется по генотипу, в этом случае оценивается потомство конкретного организма в ряду поколений. Он гораздо более эффективен, чем массовый отбор, хотя и требует большего времени. Индивидуальный отбор осуществляют двумя способами.

1. Проверка по потомству. При этом способе индивидуального отбора оценивают проявление признака в ряду поколений, то есть надежность передачи потомству ценных качеств.

2. Сиб-селекция (от англ. Sibling - родной брат или сестра) - отбор ведется по боковым родственникам: братьям и сестрам. Если у них наблюдают интересные качества, то на племя оставляют остальную часть приплода. В растениеводстве эту методику используют под названием метода половинок.

В настоящий момент хромосомная инженерия связывается, прежде всего, с возможностями замещения (замены) отдельных хромосом у растений или добавления новых.

Метод гаплоидов. Очень перспективен, основан на выращивании гаплоидных растений с последующим удвоением хромосом. Например, из зерен кукурузы выращивают гаплоидные растения, содержащие 10 хромосом, затем хромосомы удваивают и получают диплоидные (10 пар хромосом), полностью гомозиготные растения всего за 2-3 года вместо 6- 8-летнего инбридинга.

Получение полиплоидных остатков. Также важным методом хромосомной инженерии является получение полиплоидных остатков в результате кратного увеличения хромосом. Подробности метода описаны выше.

Под геной инженерией обычно понимают искусственный перенос нужных генов от одного вида живых организмов (бактерий, животных, растений) в другой вид, часто очень далекий по своему происхождению. Чтобы осуществить перенос генов (или трансгенез), необходимо выполнить следующие сложные операции:

А) выделение из клеток бактерий, животных или растений тех генов, которые намечены для переноса. Иногда эту операцию заменяют искусственным синтезом нужных генов, если таковой оказывается возможным;

В) создание специальных генетических конструкций (векторов), в составе которых намеченные гены будут внедряться в геном другого вида. Такие конструкции кроме самого гена должны содержать все необходимое для управления его работой (промоторы, терминаторы) и гены-«репортеры», которые будут сообщать, что перенос успешно осуществлен;

С) внедрение генетических векторов сначала в клетку, а затем в геном другого вида и выращивание измененных клеток в целые организмы (регенерация).

К методам прямого переноса чужеродной ДНК в протопласты растений и животных относится электропарация: кратковременные электрические разряды (1-100 мкс при напряженности поля 1000-10000 В/см<sup>2</sup>) увеличивают проницаемость мембран протопластов, куда и проникает находящееся в растворе ДНК.

Более широкое практическое применение в настоящее время получило другое важнейшее направление современной биотехнологии - клеточная селекция как метод создания новых форм растений путем выделения мутантных клеток и соматоклональных вариаций в селективных условиях.

Клеточная селекция является как бы развитием мутационной селекции, но реализуется на уровне единичных клеток с использованием техники *in vitro*, что придает ей, с одной стороны, более широкие возможности, а с другой стороны - создает значительные трудности из-за необходимости регенерации из отдельных клеток полноценных. Преимущество клеточной селекции перед традиционными методами состоит в отсутствии сезонности в работе, возможности использования миллионов клеток при отборе, направленности селекции путем применения селективных сред и выполнении работ в лабораторных условиях.

### **3.3. Генетические основы отбора**

*Генетические параметры селекции* - это математически обоснованные селекционные показатели, которые определяют и уточняют генетическую ценность отбора животных и признаков, по которым он ведется.

К генетическим параметрам селекции животных относятся: изменчивость, наследуемость, повторяемость, корреляция признаков, регрессия, препотентность и некоторые другие показатели наследования.

В настоящее время разрабатываются программы селекции животных на основе положений популяционной генетики и с использованием иммуногенетических методов. Изучение изменчивости, наследуемости, возрастной устойчивости, основных хозяйственно полезных признаков и их взаимосвязи применительно к конкретному стаду, породе позволяет выбрать такие приемы отбора и подбора, которые обеспечат повышение продуктивности животных с каждым поколением.

**Изменчивость хозяйственно полезных признаков.** Изменчивость характерна для всех живых существ. Она проявляется в некоторых различиях между особями одного поколения, создавая материал для естественного и искусственного отбора, и является одним из основных факторов, обуславливающих эволюцию.

В общей фенотипической изменчивости выделяют наследственную (комбинативную и мутационную) и ненаследственную (модификационную) изменчивость. Для племенного отбора ценность представляет только наследственная изменчивость.

*Наследственная изменчивость* возникает благодаря новому сочетанию в потомстве особенностей родителей, то есть их новым комбинациям, или благодаря преобразованию наследственного материала, ведущего к появлению совершенно новых наследственных особенностей, что получило название мутации. В связи с этим различают две формы наследственной изменчивости - комбинативную и мутационную.

Используя закономерности комбинативной изменчивости в племенном деле, создают новые породы животных. На ней основано совершенствование существующих пород путем подбора, цель которого заключается в получении более ценных наследственных сочетаний и исправлении в потомстве недостатков одного из родителей положительными качествами другого.

*Мутационная изменчивость* характеризуется появлением у особи каких-либо новых особенностей, которых не было у его предков. Мутации появляются в результате изменения числа или структуры хромосом или генов и стойко передаются потомству.

Примером могут служить одомашненные виды пушных зверей - норки, лисицы, у которых за относительно короткое время жизни в условиях клеточного содержания обнаружен ряд мутаций окраски шерстного покрова, представляющей большую ценность для меховой промышленности. Так, у норок насчитывается около 30 мутаций окраски, и путем их сочетания получено большое количество расцветок - серебристо-голубые, жемчужные, платиновые и многие другие.

*Ненаследственная (модификационная) изменчивость* у животных возникает под влиянием среды. Такая изменчивость не отражается на наследственности, обнаруженные различия в признаках, как правило, не наследуются. Модификационная изменчивость для практики племенного дела имеет двоякое значение. Создавая для растущих животных определенные условия, можно усилить развитие желательного признака или ослабить нежелательный. Это положительная для практики особенность модификаций. Нередко среда может сгладить наследственные различия между животными, в результате чего лучшие и худшие особи фенотипически оказываются одинаковыми, что мешает правильному отбору наиболее ценных из них и тормозит улучшение стад.

Все признаки сельскохозяйственных животных, по которым ведется отбор, делятся на качественные и количественные.

Качественные признаки, как правило, являются простыми, наследуются по менделевской схеме, и влияние среды на них незначительно. Например, окраска животных, форма гребня у кур, рогатость или комолость у крупного рогатого скота.

Большинство хозяйственно полезных признаков - количественные, определяются большим числом генов и характеризуются значительной изменчивостью.

Успех селекции, ее эффективность связаны со степенью изменчивости селекционируемого признака, чем он более изменчив по своей природе, тем легче и быстрее можно его улучшить и наоборот, однако степень фенотипической изменчивости продуктивных признаков сельскохозяйственных животных во многом зависит от влияния внешней среды и других ненаследственных факторов: уровня кормления и содержания животных, их возраста и физиологического состояния, сезона года, различий в интенсивности отбора.

По данным многих авторов, 15-17% общей изменчивости удоя можно отнести за счет кормления скота, 10-30% общей варианты обусловлены возрастной изменчивостью, 10-18 % - породными различиями.

**Наследственность хозяйственно полезных признаков.** Эффективность отбора сельскохозяйственных животных по продуктивности определяется степенью наследственного улучшения каждого нового поколения по сравнению с предыдущим.

Любой признак является продуктом совокупного влияния наследственности и среды. Однако изменчивость количественных признаков в значительной мере зависит от среды, а изменчивость качественных признаков в основном контролируется наследственностью.

*Наследуемость* - это доля общей фенотипической изменчивости, которая обусловлена генетическими различиями, или изменчивость данного признака, обусловленная наследственностью. Понятие "наследуемость признака" введено американским ученым Д. Лашем (1939), а величина  $h^2$  названа коэффициентом наследуемости. Существуют разные способы вычисления коэффициента наследуемости.

1.  $h^2 = 2r$  - между показателями одного и того же признака родителей и потомков, например, молочная продуктивность коров, коэффициент наследуемости выражается удвоенным коэффициентом корреляции между продуктивностью матерей и дочерей  $h^2 = 2r_{мд}$ ;
2.  $h^2 = 2R$  - между показателями одного и того же признака родителей и потомства. Формула разработана Д. Лашем. По ней коэффициент наследуемости равняется удвоенному коэффициенту регрессии между показателями признаков родителей и потомства;
3.  $h^2 = \frac{D_{мл} - D_{мх}}{M_{л} - M_{х}} \times 2$ , где  $M_{л}$  и  $M_{х}$  - средние показатели лучших и худших матерей по сравнению со средним по стаду;  $D_{мл}$  и  $D_{мх}$  - средние показатели того же признака у дочерей, полученных от лучших и худших матерей.

Величину коэффициента наследуемости выражают в долях единицы или в процентах. Например, если величина надоя у коров  $h^2=0,25$ , или 25%, то это означает, что надой у коров-матерей на 25% обусловлен наследственностью и в такой же мере унаследован их дочерьми. Чем выше коэффициент наследуемости тех или иных признаков, тем в большей степени изменчивость их определяется наследственными различиями и тем более эффективным будет массовый отбор по этим признакам.

Для прогнозирования эффективности отбора пользуются следующей формулой:  $SE = SD \times h^2$ ,

где SE - эффект селекции;

SD - селекционный дифференциал, показывающий, на какую величину селекционная группа превосходит продуктивность стада;

$h^2$  - коэффициент наследуемости данного признака, вычисленный для этого стада.

Если в племенное ядро отобрать коров, превышающих продуктивность стада в среднем на 1000 кг, то дочери этих коров унаследуют не всю величину превосходства, а лишь ее часть, соответствующую наследуемости признака. При  $h^2=0,2$  вероятное унаследование повышенной молочности матерей составит 200 кг, а при  $h^2=0,4=400$  кг.

Но в хозяйствах так не бывает, обычно идет постепенная замена коров, следовательно, ежегодный прирост продуктивности будет значительно меньше.

Для определения ежегодного прироста вводится показатель  $t_m$  - интервал времени между поколениями, который представляет собой период между рождением родителей и рождением потомков. В среднем этот период у молочного скота материнского поколения равен 5,5-6 годам. Чем меньше интервал между поколениями, тем быстрее происходит процесс генетического улучшения стада при выполнении других условий селекции. Для его определения следует учитывать средний возраст первого отела у коров и срок их использования в лактациях. Но быстрая смена поколений в хозяйствах, достигших высокой продуктивности, нецелесообразна, так как увеличение продолжительности использования молочных коров имеет огромное народно хозяйственное значение. Если интервал между поколениями (мать-потомки) равен 5,5 года, то

$$SE = \frac{SD \times h^2}{t_m} = \frac{800 \times 0,4}{5,5} = 58,2 \text{ кг}$$

Благодаря отбору продуктивность стада будет ежегодно увеличиваться на 58 кг.

*Регрессия (тенденция возврата к средним).* Сущность ее заключается в том, что сыновья и дочери, полученные от лучших животных, в среднем оказываются несколько хуже их, а от худших - несколько лучше, то есть дети как тех, так и других родителей по качеству отклоняются от них к среднему уровню, характерному для породы или стада. Причиной этого является наследование животными особенностей не только от родителей, но и более дальних предков, которых очень много.

*Корреляция (взаимосвязь признаков).* Закон корреляции сформулировал Ж. Кювье (1836), этот закон впоследствии использовал Ч. Дарвин в своем учении о соотносительной изменчивости. Использование взаимосвязи признаков открывает возможность при отборе по одному признаку оказывать влияние на изменение другого. Степень и характер корреляции между признаками устанавливают вычислением коэффициента корреляции ( $r$ ), значение его колеблется от  $0$  до  $\pm 1$ , взаимосвязь может быть положительной и отрицательной. Положительная связь, когда  $r$  приближается к  $+1$ . При положительной корреляции отбор лучших животных по одним признакам ведет одновременно к улучшению других признаков, коррелирующих с ними. При отрицательной корреляции улучшение отбором одного признака повлечет за собой ухудшение другого признака.

Корреляции могут быть использованы в селекции и для ранней (ускоренной) оценки животных. Например, установлена положительная связь между степенью развития молочной железы у телочек в возрасте трех-пяти месяцев и их будущей молочной продуктивностью ( $r=0,35-0,78$ )

### 3.4. Эффект селекции

Превосходство потомков от отобранных родителей в сравнении со средней популяционной предшествующей генерации. Зависит от интенсивности селекции, точности оценки племенной ценности животных, наследуемости признака и интервала между поколениями.

$$\text{Эффект селекции} = \frac{Sd \cdot h^2}{i},$$

где  $Sd$  — селекционный дифференциал;  
 $h^2$  — коэффициент наследуемости;  
 $i$  — интервал между поколениями.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

### **2.1 Лабораторная работа № 1 (2 часа)**

**Тема: Теоретические основы отбора.**

**2.1.1 Цель работы: Изучить теоретические основы отбора.**

**2.1.2 Задачи работы:**

- 1. Изучить теоретическую часть**
- 2. Выполнить задания**
- 3. Сделать выводы и предложения**

**2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

- 1. Персональный компьютер**
- 2. Электронное приложение «Генетический мониторинг стада»**

**2.1.4 Описание (ход) работы:** Выполнение расчетной части основывается на теоретических положениях отборе животных и применяемых методах оценки его эффекта. Совершенствование молочности стад достигается за счёт наследственного улучшения животных в каждом их поколении.

Генетический прогресс по селекционируемому признаку (SE) или же прибавка в развитии признака (повышение удоя, %жира или % белка в молоке) за счёт наследственного улучшения прогнозируется на пополнение, а затем и на 1 год поколения. Причем величина ожидаемой прибавки признака на пополнение (генетический прогресс) зависит от его коэффициента наследственности ( ) и селекционного дифференциала (SD).

### **2.2 Лабораторная работа № 2 (2 часа)**

**Тема: Оценка производителей по качеству потомства.**

**2.2.1 Цель работы: Изучить оценку производителей по качеству потомства.**

**2.2.2 Задачи работы:**

- 1. Изучить теоретическую часть**
- 2. Выполнить задания**
- 3. Сделать выводы и предложения**

## **2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

### **1. Персональный компьютер**

#### **2. Электронное приложение «Генетический мониторинг стада»**

### **2.2.4 Описание (ход) работы:**

Вторым этапом в системе оценки генетических качеств производителей является оценка их по качеству потомства. В первую очередь оценивают производителей, которые отобраны по результатам испытания по собственной продуктивности, и они предназначены для использования в племенных стадах и на станциях искусственного осеменения.

В СССР приняты следующие показатели оценки производителей мясных пород по мясным качествам:

- по интенсивности роста приплода при выращивании и откорме после отъема - от 8- до 15-месячного возраста;
- по затратам кормов на 1 кг прироста при выращивании и откорме после отъема от 8- до 15-месячного возраста;
- по живой массе в 15-месячном возрасте;
- по убойному выходу туши при убое;
- по глазомерной оценке полноты туш и жировому поливу.

## **2.3 Лабораторная работа № 3 (2 часа)**

**Тема: Эффект отбора.**

### **2.3.1 Цель работы: Изучить эффект отбора**

### **2.3.2 Задачи работы:**

#### **1. Изучить теоретическую часть**

#### **2. Выполнить задания**

#### **3. Сделать выводы и предложения**

## **2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

### **1. Персональный компьютер**

#### **2. Электронное приложение «Генетический мониторинг стада»**

### **2.3.4 Описание (ход) работы:**

На эффективность отбора определенное влияние оказывает ряд факторов, например внешняя среда, условия кормления и содержания, технологические процессы. Это связано

прежде всего с различным проявлением наследственных свойств и реализацией генотипа в тех или иных условиях. Следовательно, и оценка по продуктивности и племенной ценности будет смещенной. Резкое изменение природно-климатических, технологических условий вызывает изменение оценки животных и влияет на эффективность отбора.

Число признаков, по которым ведут отбор, также влияет на его эффективность. Например, если отбор проводят по одному признаку, то его эффективность составляет 100 %, а если по четырем - 1 только 50 %:

#### **2.4 Лабораторная работа № 4 (2 часа)**

**Тема: Нейронные сети, алгоритмы работы.**

**2.4.1 Цель работы: Научиться работать новыми средствами обработки вариантов.**

##### **2.4.2 Задачи работы:**

- 1. Изучить теоретическую часть**
- 2. Выполнить задания**
- 3. Сделать выводы и предложения**

##### **2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

**1. Персональный компьютер**

**2. Электронное приложение «Генетический мониторинг стада»**

##### **2.4.4 Описание (ход) работы:**

Нейронные сети (Neural network) представляют собой упрощенную модель че-ловеческого мозга. Мозг состоит из нейронов, которые являются индивидуальными процессорами. Нейроны соединяются друг с другом с помощью нервных окончаний двух типов: синапсов, через которые в ядро поступают сигналы, и аксонов, через которые нейрон передает сигнал далее.